

(19) JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10308867 A

(43) Date of publication of application: 17.11.98

(51) Int. Cl. H04N 1/387
 G09C 5/00
 H04N 7/08
 H04N 7/081
 // G06F 7/58

(21) Application number: 09251421

(22) Date of filing: 02.09.97

(30) Priority: 04.09.96 US 96 708331
 19.09.96 US 96 715953

(71) Applicant: NEC CORP

(72) Inventor: COX INGEMAR J

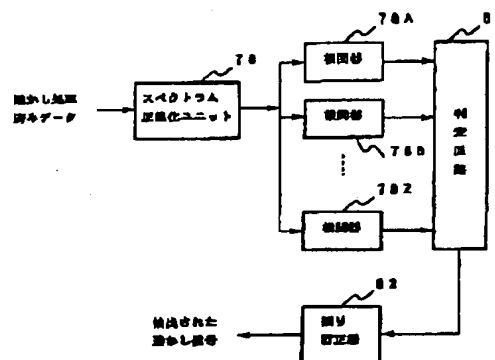
(54) TRANSPARENCY PROCESSING METHOD FOR SPREAD SPECTRUM

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable the extraction of transparency without using any source data by determining transparency while using spatial or timewise local average among the frequency coefficients of transparency processed data.

SOLUTION: The transparency processed image data, video data, audio data and multimedia data are made into spectrum normalization by a spectrum normalizing unit 76, and spectrum shaping executed in the past is removed. Next, normalized signals are analyzed by correlators 78A-78Z. The respective correlators 78A-78Z correlate the normalized signals with a proceeding random number sequence. A discrimination circuit 80 ordinarily selects the correlator that exhibits a maximum output and sequentially selects the output of that correlator as a tolerant current symbol corresponding to a current symbol to arrive. Next, the sequence of tolerant current symbols is inputted to an error corrector 82, an error in the discriminated result of discrimination circuit 80 is corrected there and as its output, the extracted transparent signal can be provided.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



Express mail EL039759769US

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 10 - 308867

(43) 公開日 平成10年(1998)11月17日

(51) Int. Cl.⁶ 識別記号

H 0 4 N 1/387

G 0 9 C 5/00

H 0 4 N 7/08

7/081

// G 0 6 F 7/58

F I

H 0 4 N 1/387

G 0 9 C 5/00

G 0 6 F 7/58

H 0 4 N 7/08

Z

Z

審査請求

有

請求項の数 13

F D

(全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平 9 - 251421

(22) 出願日 平成9年(1997)9月2日

(31) 優先権主張番号 08 / 708331

(32) 優先日 1996年9月4日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(31) 優先権主張番号 08 / 715953

(32) 優先日 1996年9月19日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 インゲマー コックス

アメリカ合衆国, ニュージャージー 086

48, ローレンスヴィル, レパーク ドライ
ヴ 21

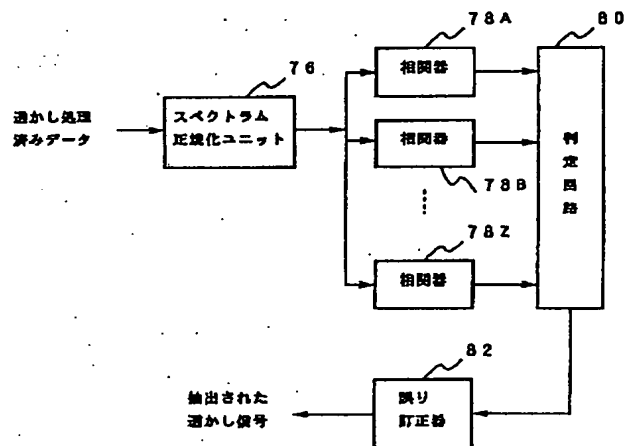
(74) 代理人 弁理士 後藤 洋介 (外2名)

(54) 【発明の名称】 拡散スペクトラム透かし処理方法

(57) 【要約】

【課題】 データの原本すなわち透かし処理前の原版を用いることなく、透かしを、透かし処理済みのデータから抽出することを可能とする。

【解決手段】 透かしは拡散スペクトラム法を用いてオーディオデータ、ビデオデータ、画像データ、マルチメディアデータに埋め込まれる。透かしは、データの原本すなわち透かし処理前の原版を用いることなく、透かし処理済みのデータの周波数係数の空間的または時間的局部平均を用いて、透かし処理済みのデータから抽出される。一方、透かしは、MPEG/JPEG係数を用いて符号化されたデータに透かし処理を施して得られたデータから抽出されても良い。この場合、透かしを施すべき画像は部分画像に分割され、各部分画像に透かしが埋め込まれる。透かしを抽出する際には、各部分画像の処理結果を合成してもとの埋め込まれた透かしを決定する。



Express Mail EL039759769US

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 透かしを施すべきデータ中にシンボルシーケンスを挿入するための方法において、

各シンボルを疑似乱数シーケンスにマッピングすることにより、上記シンボルシーケンス中の各シンボルを拡散スペクトラム変調するステップと、

上記データ中の予め定められた係数に、各疑似乱数シーケンスを埋め込むステップとを有することを特徴とする方法。

【請求項 2】 各疑似乱数シーケンスのスペクトラムを得るステップと、

上記スペクトラムを、ノイズのスペクトラムに整合するように整形するステップとをさらに有することを特徴とする請求項 1 に記載された方法。

【請求項 3】 前記予め定められた係数は、透かしを施すべきデータのうちの知覚的に重要な周波数係数であることを特徴とする請求項 1 に記載された方法。

【請求項 4】 上記スペクトラムを整形するステップは、周波数係数の時間的あるいは空間的局部平均により実施されることを特徴とする請求項 2 の方法。

【請求項 5】 透かし処理済みのデータから透かしを抽出する方法において、

透かし処理済みのデータを受けとるステップと、
上記透かし処理済みのデータをスペクトラム正規化して正規化された信号を発生するステップと、
上記正規化された信号を、予め定められたシンボルに対応する予め定められた疑似乱数シーケンスに相関させ、予め定められた疑似乱数シーケンスの各々に対して相関信号を得るステップと、

前記相関信号から、到来している現シンボルに最も類似している最尤現シンボルを決定するステップと、
透かしに対応する最尤現シンボルのシーケンスを抽出するステップとを有することを特徴とする方法。

【請求項 6】 透かしを施すべきデータ中にシンボルを挿入するための方法において、

上記透かしを施すべきデータを複数の部分領域に分割するステップと、

上記シンボルを疑似乱数シーケンスにマッピングすることにより上記シンボルを拡散スペクトラム変調するステップと、

上記疑似乱数シーケンスをスペクトラム整形するステップと、

スペクトラム整形の後に、各部分領域において、上記データ中の予め定められた係数に、スペクトラム整形された各疑似乱数シーケンスを埋め込むステップとを有することを特徴とする方法。

【請求項 7】 前記予め定められた係数は、透かしを施すべきデータのうちの知覚的に重要な周波数係数であることを特徴とする請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】 透かし処理済みのデータから透かしを抽出

する方法において、

透かし処理済みのデータの部分領域から透かし処理済みのデータを受けとるステップと、

各部分領域からの透かし処理済みのデータをスペクトラム正規化して正規化された信号を発生するステップと、
上記正規化された信号を、予め定められたシンボルに対応する予め定められた疑似乱数シーケンスと相関させ、各部分領域における予め定められた疑似乱数シーケンスの各々に対して相関信号を得るステップと、

前記相関信号から、到来している現シンボルに最も類似している最尤現シンボルを決定するステップと、
透かしに対応する最尤現シンボルのシーケンスを抽出するステップとを有することを特徴とする方法。

【請求項 9】 透かし処理済みのデータから透かしを抽出する方法において、

透かし処理済みのデータの部分領域から透かし処理済みのデータを受けとるステップと、

各部分領域からの上記透かし処理済みのデータをスペクトラム正規化して正規化された信号を発生するステップと、

上記正規化された信号を、予め定められたシンボルに対応する予め定められた疑似乱数シーケンスに相関させ、各部分領域における予め定められた疑似乱数シーケンスの各々に対して相関信号を得るステップと、
前記相関信号から、各部分領域における現シンボルに最も類似しているシンボル列を決定し、抽出されたシンボル列を得るステップと、

上記抽出されたシンボル列を誤り訂正するステップと、
訂正されたシンボル列を透かしに対応する最尤現シンボルのシーケンスとして抽出するステップとを有することを特徴とする方法。

【請求項 10】 透かし信号を埋め込まれた透かし処理済みデータから、前記透かし信号を抽出する透かし信号抽出方法において、前記透かし処理済みデータの空間的平均及び時間的平均のいずれか一方によってあらわされる平均値を算出するステップと、

前記平均値と前記透かし処理済みデータとを演算することにより、前記透かし信号の原初透かし信号を使用することなく、前記透かし信号を再生するステップとを有することを特徴とする透かし信号抽出方法。

【請求項 11】 請求項 10 において、前記透かし処理済みデータは、所定の周波数係数によりあらわされており、前記平均値は前記周波数係数における平均値であることを特徴とする透かし信号抽出方法。

【請求項 12】 透かし信号を埋め込まれた透かし処理済みデータから、前記透かし信号を抽出する透かし信号抽出装置において、

前記透かし処理済みデータのスペクトラムから平均値を算出し、当該平均値から、前記透かし信号の成分を抽出する抽出手段と、前記抽出手段で抽出された前記透かし

信号の成分を処理することによって、原初透かし信号を使用することなく前記透かし信号を再生する再生手段を有することを特徴とする透かし信号抽出装置。

【請求項13】 請求項12において、前記再生手段は、前記透かし処理済みデータの生成の際に使用された疑似乱数シーケンスに対応したシーケンスと、前記透かし処理済みデータとの相関を取り、相関値を生成する相関手段と、前記相関値を判定し、前記透かし信号を得るための判定手段とを有することを特徴とする透かし信号抽出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、オーディオデータ、ビデオデータ、画像データ、マルチメディアデータを含む各種データのデジタル透かし処理方法に関し、特に、データの原本すなわち透かし処理前の原版を用いることなく、透かし処理済みのデータから埋込みデータである透かしを抽出する方法に関する。更に、本発明は、MPEG/JPEG係数を用いて透かし処理された画像にも適用できる透かし抽出方法に関する。

【0002】

【従来の技術】オーディオ、画像、ビデオ、マルチメディアなどのデジタルメディアの発展とともに、データソースの識別を助けるセキュリティシステムの需要が生まれている。

【0003】コンテキスト提供者すなわちデジタルデータ形式の作品の所有者は、著作権の所有を証明し統制し管理する目的で、オーディオデータ、ビデオデータ、画像データ、マルチメディアデータなどのデータ中に信号を埋込み、その上で、これらのデータをソフトウェアおよび/またはハードウェア装置により記録または検出できるようにする必要を有している。

【0004】例えば、データがコピー禁止であることを示すために、データ中に符号化信号を挿入することが考えられる。埋め込まれた信号は、画像の忠実度を保全し、一般の信号変換に強く、改ざんを防止できるものでなければならない。さらに、現在の要求では、フレームごとに数ビット程度と比較的低いが、システムが提供し得るデータレートをも考慮しなければならない。

【0005】1995年9月28日に出願され、本件出願人に譲渡された、米国特許出願第08/534,894号には、「Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia Data (マルチメディアデータのための安全な拡散スペクトラム透かし処理方法)」と題する発明が開示されている。この拡散スペクトラム透かし処理方法は、内容の所有者および/または占有者を識別する目的で、画像中の、知覚的に重要な領域に透かし信号を埋込むものである。この方法の効果は、透かしを取り除くことが非常に難しいことである。実際、この方法では、原初画像または原初データを比較に用い得る場合にし

か、透かしを読み取ることができない。これは以下の理由による。すなわち、透かしの原初スペクトラムが、非線形乗法的手順により画像の原初スペクトラムに整形されており、整合フィルタリングによりこのスペクトラム整形を検出前に取り除かねばならない。また、透かしは、スペクトラム係数のうち、大きいものから選択されたN個のスペクトラム係数に挿入され、その大きさの区分は透かし処理後には保全されていない。このように、この方法は、埋め込んだ信号を、ソフトウェアおよびハードウェア装置が直接読みとることを不可能にしている。

【0006】Coxらによる「Secured Spectrum Watermarking for Multimedia (マルチメディアのための安全なスペクトラム透かし処理)」と題する論文には、透かし処理の目的で、デジタルデータ中に疑似ランダムノイズシーケンスを埋め込む、拡散スペクトラム透かし処理が記載されている。

【0007】従来の透かし抽出法は、原初画像スペクトラムを透かし処理済みの画像スペクトラムから減算することを必要とする。したがって、原初画像すなわち原初画像スペクトラムを利用できない場合には、この方法の使用は制限される。装置提供者としての第三者が、装置の動作のためもしくは動作を拒否するために、埋め込まれた情報を読みとることを求める場合には、上記のスペクトラムを利用できないことは大きな問題を引き起こす。

【0008】本発明は、Coxらの研究を発展させ、原初データたとえば原初画像を含まない装置により、埋め込まれた信号を読み取ることすなわち抽出することを可能とするものである。

【0009】R. D. Preussらによる「Embedded Signalling (埋込み信号処理)」と題する米国特許第5,319,735号では、デジタル情報を符号化して符号シンボルのシーケンスを生成している。この符号シンボルのシーケンスは、符号シンボルのシーケンスをあらゆる対応符号信号を生成することにより、オーディオ信号内に埋め込まれる。符号信号の周波数成分は、オーディオ信号の帯域幅の範囲内の、予め選択された信号帯に制限される。符号信号の連続する各セグメントは、シーケンス中の連続する各符号シンボルに対応する。オーディオ信号は、信号帯域を包含する周波数帯域について連続的に周波数分析される。符号信号は、この分析の作用としてのダイナミックフィルタリングを受け、修正された符号信号が得られる。この修正された符号信号の周波数成分レベルは、各時点において、対応する周波数範囲におけるオーディオ信号の周波数成分レベルの予め選択された比率に等しい。修正された符号信号とオーディオ信号を合成することにより、デジタル情報が埋め込まれた合成オーディオ信号が得られる。この合成オーディオ信号を記録媒体に記録するか、もしくは、別の方式で

送信チャネルにのせる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、拡散スペクトラム技術を利用して、画像内の予め定められた位置に透かしデータすなわち透かし情報を埋め込むことにより、従来技術における制約を克服することである。

【0011】本発明のさらなる目的は、データの原本すなわち透かし処理前の版を用いることなく、透かし処理済みデータから透かしを抽出することのできるシステムを提供することである。

【0012】本発明の別の目的は、画像を部分画像に分割して処理するシステムに適用できる拡散スペクトラム透かし処理方法を提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の一実施の形態に係る透かし抽出方法によれば、透かし処理済みデータの周波数係数の空間的または時間的局部平均を用いて透かしを決定する。たとえば、透かし処理済みの各二次元データ（たとえば画像）における二次元的な近傍領域の周波数係数を分析することにより、透かしを完全に再生する。このことが可能であるのは、データ内への透かしの埋め込みに、データ全体に透かしを配置する拡散スペクトラム技術を用いているからである。

【0014】本発明の別の実施の形態にかかる透かし抽出方法によれば、MPEG/JPEGを利用し、画像を8×8ブロックの部分画像に分割し、これらの部分画像を処理した結果を組み合わせる透かしを抽出する。

【0015】本発明は、オーディオデータ・ビデオデータ・画像データ・マルチメディアデータなど各種データの透かしに適用可能である。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の説明に先立ち、従来の透かし挿入方法ならびに透かし抽出方法について、図面を参照して説明する。

【0017】まず、図1を参照して、デジタルデータ、ここでは、画像に透かしを挿入する方法を説明する。以下の説明では、画像データすなわち画像を例にとって説明する。本発明は、画像データに限らず、オーディオデータ、ビデオデータ、マルチメディアデータなどの各種データに等しく適用可能であることはいうまでもなく、画像および画像データなる用語は、これらの用語を適宜含むものとして理解されたい。ここで、透かしには、埋め込まれたデータ、シンボル、画像、命令、その他のあらゆる識別情報が含まれる。

【0018】画像10は、まず、たとえば離散コサイン変換(DCT)により、空間周波数表現としての画像ス*

$$W_i = (f_i' - f_i) / \alpha f_i \quad (2)$$

まず、透かし処理済みの画像40を、離散コサイン変換、もしくは、FFTなどのその他の変換により、透かし処理済み画像スペクトラム42に変換する。一方、格

*ベクトラム12に変換される。この変換には、高速フーリエ変換など、その他の変換方式を用いてもよい。次に、画像スペクトラム12を分析して、知覚的に重要な領域、即ち、知覚的に重要な成分（以下、知覚的重要成分と呼ぶ）14を決定する。上記した知覚的重要成分とは、画像について言えば、人間が画像の特徴を認識するのに重要な成分である。

【0019】埋め込まれる透かし16は知覚的重要成分14と合成されて修正画像18が得られる。ここで、透かし16は、好ましくは、ガウス分布から選択された疑似乱数シーケンス(PNS)である。合成の後、修正画像18を逆変換して空間領域に戻し、透かし処理済み画像20を生成する。

【0020】透かしを画像スペクトラムと合成するにはさまざまな方法がある。好ましい実施例において、透かし成分 W_i は、次式のとおりに、周波数係数 f_i に非線形的に加算される。

$$f_i' = f_i + \alpha f_i W_i \quad (1)$$

ここで、 α は通常0.1～0.01の範囲にある定数である。原理的には、周波数および知覚モデルの関数として α を変化させてもよい。式(1)はスペクトラム整形の一形式とみなすことができる。すなわち、透かしの原初ガウス白色スペクトラムは、2つのスペクトラムの加算に先立ち、画像のスペクトラムと整合するように、式(1)の第2項により整形される。定数 α は、2つのスペクトラムの相対強度を調節するための利得制御の役割をもつ。この関係が図2のグラフに示されている。

【0022】合成器の2段階を図3に示す。データに埋め込まれる透かしは、第1の入力として、スペクトラム整形器30に与えられる。一方、透かし処理すべき画像のスペクトラムが、第2の入力として、スペクトラム整形器30に与えられる。スペクトラム整形器30の出力は、第1の入力として、加算器32に与えられる。一方、画像のスペクトラムが、第2の入力として、加算器32に与えられる。加算器32の出力として、透かし処理済みのスペクトラムが得られる。

【0023】透かしを抽出するためには、図4に示すように、逆のプロセスを用いなければならない。分離器ステージは合成器ステージを逆転したものである。歪みを与えられた可能性のある透かし画像から透かし成分 W_i を抽出するために、まず、原初画像を減算してから、画像スペクトラム係数による除算を行なう。後者のプロセスは透かしスペクトラムを正規化または等価してその原形に戻す作用をもつ。これは次式であらわされる。

$$W_i = (f_i' - f_i) / \alpha f_i \quad (2)$$

納されている原初画像44を取り出して原初画像スペクトラム46に変換する。

【0025】透かし処理済み画像スペクトラム42およ

び原初画像スペクトラム46は、それぞれ、分離器50への入力として与えられる。

【0026】ここで図5を参照すると、分離器50では、減算器54で透かし処理済みの画像スペクトラムから原初画像スペクトラムを減算して、正規化に先立ち、差画像スペクトラムを得る。得られた差画像スペクトラムは、スペクトラム正規化ユニット56に与えられる。スペクトラム正規化ユニット56は、差画像スペクトラムを、画像スペクトラム係数 αf_i により除算して、透かしを抽出する。

【0027】抽出された透かしを、挿入された既知の透かしと統計的に比較し、統計的信頼水準を算出する。統計的信頼水準は、抽出された透かしが実際に挿入された透かしであるかどうかをあらわす尺度である。

【0028】上述の透かし抽出方法においては、透かし処理前の原初画像が必要である。これはこの方法の利点であると同時に限界でもある。利点というのは、画像の所有者以外には透かしを取り除くことが難しいことである。また、本方法の限界とは、第三者のソフトウェアやハードウェア装置により、埋め込まれた信号情報を抽出したり読み取ったりすることが妨げられることである。原初画像を用いて透かしを抽出するためには、ガウスのノイズ分布を利用することが重要である。

【0029】上述した従来システムは、拡散スペクトラム通信システムの一例であり、より一般的なものとくらべて、透かし情報を信号とし、画像をノイズとした場合の特別な事例である。

【0030】次に、本発明の一実施の形態について図面を参照して説明する。

【0031】図6は、本発明の透かし挿入方法に用いられる拡散スペクトラム通信システムを示すブロック図である。図6において、透かし信号は、誤り訂正符号器60への入力として与えられる。誤り訂正符号器60の出力は、拡散スペクトラム変調器62に与えられる。拡散スペクトラム変調器62の出力は第1のスペクトラム変換器64に与えられる。第1のスペクトラム変換器64の出力はスペクトラム整形器66に第1の入力として与えられる。一方、透かし処理すべき信号が、第2のスペクトラム変換器68に与えられる。第2のスペクトラム変換器68の出力は、スペクトラム整形器66に第2の入力として与えられるとともに、遅延器70にも与えられる。スペクトラム整形器66の出力は、加算器72において、遅延器70の出力と加算される。加算器72の出力は逆変換器74に与えられ、逆変換器74の出力として透かし処理済みの信号が得られる。

*

$$f_i' = f_i + \alpha \text{avg}(f_i) W_i \quad (3)$$

この平均は、何通りかの方法により得られる。たとえば、二次元領域の局部平均でもよい。あるいは、二次元スペクトラムをサンプリングして一次元ベクトルを作成し一次元局部平均をとってもよい。後者の方法は後述す

*【0032】ところで、従来システムの目的は、画像内にひとつのPN（疑似乱数）シーケンスを埋め込むことであった。疑似乱数シーケンスに関連した情報は、原初画像および埋め込まれた透かしのスペクトラム内位置とともに、データベース中に格納されていることを前提としていた。透かし成分の位置を記録しなければならなかったのは、この方法が、透かしを入れるN個の知覚的重要領域を、最大係数からN個の係数により近似するものであったからである。しかしながら、係数のランクづけは、透かし処理プロセスに対して不変のものではない。最大係数からN個係数は、透かしを挿入する前と挿入した後では異なっている可能性がある。

【0033】上述の問題を避けるために、本発明の方法では、透かしを、予め定められたスペクトラム内位置、通常、大きい方からN個の係数に位置付けている。しかしながら、この予め定められた位置はどこであってもよい。ただし、圧縮やスケールリングなどの通常の信号変換を受けた後も透かしを残すためには、これらの位置は、スペクトラムの知覚的に重要な領域に属していなければならない。

【0034】より一般的には、埋め込まれるべき情報は、アルファベット（例えば、2進数字やASCIIシンボル）から取り出されたm個のシンボルのシーケンスである。次に、このデータには、誤り検出および訂正のための付加シンボルが追加されている。更に、各シンボルは拡散スペクトラム変調される。即ち、単位となる疑似乱数シーケンス（チップ）として知られる特有の疑似乱数シーケンスに各シンボルをマッピングするプロセスである。チップごとのビット数は予め設定されている。チップ長が長いほど、検出される信号対雑音比は高くなるが、これは、信号帯域幅を犠牲にすることになる。

【0035】疑似乱数シーケンスのスペクトラムは白色ノイズであり、したがって、ノイズのパワースペクトラムは、透かしを埋め込むべき画像データや、ビデオデータや、オーディオデータや、マルチメディアデータのスペクトラムと整合するように整形される。

【0036】抽出プロセスにおいて原初画像の必要性をなくすためには、従来方法のうち、このスペクトラム整形を改変しなければならない。

【0037】このために、式（1）を変形して、透かし処理済みスペクトラムの各係数を、係数自身ではなく画像スペクトラム係数の局部平均によりスケールリングしている。すなわち、次式のとおりである。

【0038】

る実験結果において用いられた。平均は、単純なボックス平均でも、近傍領域にわたって重みづけした平均でもよい。

【0039】ビデオデータに対しては、いくつかのフレ

ームについてのスペクトラム係数の時間平均を用いることも可能である。しかしながら、抽出器のスペクトラム正規化ステージにおいて時間平均を計算のするためにいくつかのフレームが必要であるため、分離して取り出された個々のビデオフレームの保護が不可能となるおそれがある。この理由のため、本発明では、ビデオを、静止画像の膨大な集まりとして扱っている。このようにして、個々のビデオフレームをも、複製から保護することができる。

【0040】拡散スペクトラム信号の受信、即ち、抽出動作を図7を参照して説明する。透かし処理済みの画像データ、ビデオデータ、オーディオデータ、マルチメディアデータを、まず、スペクトラム正規化ユニット76によりスペクトラム正規化し、過去に施されたスペクトラム整形を取り除く。次に、正規化された信号を、相関器バンク78A~78Zにより分析する。各相関器は、特定の疑似乱数シーケンス（アルファベットの各シンボルについて1つ）があれば、そのシーケンスを検出し、*

$$\text{avg}(f_i) = \text{avg}(f_i') \quad (4)$$

これは、式(3)の第2項が第1項に比べて小さいことから、近似的に次式の関係がなりたつ。

【0043】

$$\alpha \text{avg}(f_i) W_i \ll f_i \quad (5) \quad *$$

$$\begin{aligned} & f_i' / \text{avg}(f_i') \\ &= [f_i + \alpha \text{avg}(f_i) W_i] / \text{avg}(f_i') \\ &= f_i / \text{avg}(f_i') + \alpha W_i \end{aligned} \quad (6)$$

式(6)の右辺の第1項 $f_i / \text{avg}(f_i')$ は、ノイズ項と見なして良い。従来システムでは、透かし処理前の係数を取り出すことにより、この項を省くことが可能であったから、この項は従来システムにおいては存在しなかった。第2項 αW_i は、上記した相関を使用し、ここに検出可能となった原初透かし信号である。

【0045】図8には、透かしを施される前の原初画像を示し、図9は、本発明にしたがって透かしを施された後の同一画像を示しており、両画像は視覚的には殆ど区別できないことが分かる。尚、図9の透かしは、利得 $\alpha = 0.1$ および係数長10,000を用いて挿入された。原初画像における係数の大きい方から10,000個の係数を、図10に示す順序で抽出し、一次元ベクトルを作成した。即ち、図10の番号順に1から16まで、ジグザグに抽出する。

【0046】次に、係数±3の矩形形状の窓についてブロック平均を計算した。同じ手順を抽出ステージにおいても用いた。

【0047】相関器は、まず、1つの疑似乱数シーケンスを上記挿入した原初シーケンスに設定されており、この状態で、ランダムに発生された疑似乱数シーケンスに回答する。実験によれば、0.125において非常に強くかつ明瞭な回答が、ある疑似乱数シーケンスに対して検出された。相関のない透かしに対しては、相関器出力

*正規化された信号とこれらの疑似乱数シーケンスとの相関を取り、相関関係の度合いを示す出力を判定回路80に出力する。判定回路80は、通常、最大出力を示す相関器を選択し、当該相関器の出力を到来する現シンボルに対する最尤現シンボルとして、順次、選択する。より複雑化した判定手順も可能である。次に、最尤現シンボルのシーケンスは、誤り訂正器82に入力される。誤り訂正器82では、判定回路80の判定結果の誤りを訂正する。誤り訂正器82の出力として、抽出された透かし信号が得られる。

【0041】スペクトラム正規化ユニット76でのスペクトラム正規化を実行するには、先に行なったスペクトラム整形手順を逆に行えば良い。本例では、透かし処理前の原初信号は使用されない。すなわち、周波数係数の平均 $\text{avg}(f_i)$ は、透かし処理済み信号の平均、即ち、 $\text{avg}(f_i')$ により近似される。

【0042】

※次に、正規化ユニット76は、受信信号中の各係数 (f_i') を、その近傍領域における局部平均 $\text{avg}(f_i')$ で除算する。すなわち、次式の計算を行なう。

【0044】

は、 $1/(N-2)$ の分散をもつ略正規分布を呈する。ここで、Nは透かしの長さである。即ち、 $N=10,000$ に対して、標準偏差は0.01であり、0.125の相関応答は、1.2倍を超える標準偏差をあらわす。透かし長さを1,000と短くした従来方法では、ほぼ30倍の偏差の応答が得られた。信号対雑音比の低下は、殆ど、従来方法を用いた際には存在しない式(6)の右辺の第1項に起因している。

【0048】式(4)の近似度を判定するために、原初整形係数すなわち $\text{avg}(f_i)$ を $\text{avg}(f_i')$ の代りに用いて、等価プロセスを繰り返した。相関器応答は、0.125から0.15に増加した。これは、約20%の損失がこの近似により生じたことを示唆している。もちろん、この損失は、画像のスペクトラムにおける局部的滑らかさに強く依存し、画像ごとにより変化するおそれがある。

【0049】次に、本発明の別の実施の形態に係る透かし挿入方法ならびに透かし抽出方法を説明する。本実施の形態に係る方法は、MPEG/JPEG係数を用いて画像データを符号化する場合に適用しようとするものである。

【0050】図11は、本発明の透かし挿入方法に用いられる拡散スペクトラム通信システムを示すブロック図である。図11において、透かし信号は、誤り訂正符号

器110への入力として与えられる。誤り訂正符号器110の出力は、拡散スペクトラム変調器112に与えられる。拡散スペクトラム変調器112の出力は第1のスペクトラム変換器114に与えられる。第1のスペクトラム変換器114の出力はスペクトラム整形器116に第1の入力として与えられる。一方、透かし処理すべき信号が、第2のスペクトラム変換器118に与えられる。第2のスペクトラム変換器118の出力は、スペクトラム整形器116に第2の入力として与えられるとともに、遅延器120にも与えられる。スペクトラム整形器116の出力は、加算器122において、遅延器120の出力と加算される。加算器122の出力は逆変換器124に与えられる。逆変換器124の出力として透かし処理済みの信号が得られる。

【0051】8×8ブロックに対してDCTを計算することによる計算効率改善を利用するため、画像を8×8画素ブロックの部分画像に分割する。透かし挿入法を8×8部分画像の各々に適用する。すなわち、8×8部分画像の各々に対して、疑似乱数(PN)シーケンスを、適当なスペクトラム整形のDCT係数に挿入する。すべての部分画像に対してこの手順を繰り返す。部分画像の大きさは好ましくは8×8であるが、2×2、3×3、4×4など、異なる大きさであってもよい。

【0052】拡散スペクトラム信号の受信すなわち抽出を図12に示す。透かし処理済みの画像データ、ビデオデータ、オーディオデータ、マルチメディアデータなどを、まず、スペクトラム正規化ユニット130によりスペクトラム正規化し、過去に施されたスペクトラム整形を取り除く。次に、正規化された信号を、相関器バンク132A～132Zにより分析する。各相関器は、特定の疑似乱数シーケンス(アルファベットの各シンボルについて1つ)があれば、そのシーケンスを検出する。判定回路134は、各部分画像からの出力を集計したの

$$\text{avg}(|f_i|) = \text{avg}(f_i') \quad (7)$$

$\alpha \text{avg}(f_i) W_i \ll f_i$ が成り立つことから、式(7)は、近似的に成立する。ここで、 W_i は、透かし成分であり、 α は通常0.1～0.01の範囲の定数である。

【0058】つぎに、正規化ユニット130は、受信信※

$$\begin{aligned} f_i' / \text{avg}(f_i') \\ &= [f_i + \alpha \text{avg}(f_i) W_i] / \text{avg}(f_i') \\ &= f_i / \text{avg}(f_i') + \alpha W_i \end{aligned} \quad (8)$$

式(8)の右辺の第1項 $f_i / \text{avg}(f_i')$ は、ノイズ項と見なされる。この項は、従来システムでは現れなかった。これは、前述したように、透かし処理前の係数を取り出すことにより、この項を省くことが可能であったからである。第2項 αW_i は、従来の相関を用いてここに検出可能となった原初透かし信号である。

【0060】8×8ブロックのどれか1つから透かしを抽出する場合には、検出器信頼性は非常に低い。しかし

*ち、通常、最大出力を示す疑似乱数シーケンスを、最尤現シンボルとして選択する。より複雑化した判定手順も可能である。

【0053】部分画像相関器の各々からの出力を集計することは、すべての部分画像に同一の疑似乱数シーケンスが埋め込まれていることを前提としている。すなわち、ここでは、ただ1種類の疑似乱数シーケンスが埋め込まれている場合を前提としている。

【0054】一方、2つ以上の異なるPNシーケンスを埋め込んでもよいが、各部分画像に埋め込まれる疑似乱数シーケンスは1つのみであるものとする。2つの疑似乱数シーケンスは2進ビット0および1で表わしてもよく、この場合にはビットシーケンスの埋め込みが簡単になる。検出エラーレートは、前の例におけるレートよりも高くなるが、Reed-Solomonなどの誤り訂正符号を用いることにより減少させることができる。

【0055】2つの手法の組み合わせも可能であり、各ビットは少数の部分画像について複製される。この場合、これら部分画像の相関器の集計をとり、検出エラーレートを減少させる。ついで、これらのビットを誤り訂正回路で処理することにより誤りをさらに減少させる。

【0056】つぎに、最尤現シンボルのシーケンスは、誤り訂正器136に輸入される。誤り訂正器136では、判定回路134によりなされた判定誤りを訂正する。誤り訂正器136の出力として、抽出された透かし信号が得られる。スペクトラム正規化ユニット130でのスペクトラム正規化を実行するには、先に行なったスペクトラム整形手順を反転する。本例では、透かし処理前の原初信号はもはや与えられない。すなわち、周波数係数の平均パワー $\text{avg}(|f_i|)$ は、透かし処理済み信号の平均すなわち $\text{avg}(f_i')$ により近似される。

【0057】

※号中の各係数 (f_i') を、近傍における局部平均 $\text{avg}(f_i')$ で除算する。すなわち、次式(8)の計算が行なわれる。

【0059】

ながら、すべての8×8ブロックからの検出器応答を集計すれば、信頼性は非常に高くなり、曖昧さのない明確な応答が得られる。

【0061】本方法の使用に際し、アルファベット中の各シンボルに対して独自の疑似乱数シーケンスがあることが好ましい。この方法は、検出器出力が、画像中の8×8部分画像ブロックの量とともに直線的に減少することから、クリッピングに対して比較的強い。APS(ア

ナログ保護システム) およびCGMS (コピー生成管理システム) のためのDVD (デジタルビデオディスク) 信号埋込みについては、合計で8個あるいは16個の疑似乱数シーケンスを用いることになる。

【0062】図6を参照して説明した実施の形態と同様にこの実施の形態においても、透かしは、予め定められたスペクトラム内位置、通常、最も大きいものから順に選ばれたN個の係数に配置されている。この予め定められた位置はどこであってもよいが、圧縮やスケーリングなどの通常の信号変換を受けた後も透かしを残すためには、これらの位置は、スペクトラムの知覚的重要領域に属していなければならないことは、前述した実施の形態と同様である。

【0063】この実施の形態においても、埋め込まれるべき情報は、一般的にはアルファベット (たとえば2進数字やASCIIシンボル) から取り出されたm個のシンボルのシーケンスであり、このデータには、誤り検出および訂正のための付加シンボルが追加される。更に、各シンボルは拡散スペクトラム変調され、結果として、各シンボルはチップとして知られる特有の疑似乱数シーケンスにマッピングされることになる。チップごとのビット数は予め設定されており、チップ長が長いほど、検出される信号対雑音比は高くなるが、これは信号帯域幅を犠牲にすることになることは先に述べた通りである。

【0064】この実施の形態で使用される疑似乱数シーケンスのパワースペクトラムも白色ノイズであり、したがって、ノイズのパワースペクトラムは、透かしを埋め込むべき画像データ、ビデオデータ、オーディオデータ、マルチメディアデータのスペクトラムと整合するよう整形される。

【0065】抽出プロセスにおいて原初画像の必要性をなくすためには、従来方法のうち、このスペクトラム整形を改変しなければならない。

【0066】このため、本実施の形態においても、透かし処理済みスペクトラムの各係数は、係数自身ではなく画像スペクトラム係数の局所平均により、先に述べた式(3)にしたがってスケーリングされている。

【0067】この平均は、何通りかの方法により得られる。たとえば、二次元領域の局所平均でもよい。あるいは、二次元スペクトラムをサンプリングして一次元ベクトルを作成し一次元局所平均をとってもよい。二次元8×8DCT係数の一次元ベクトル化は、すでにMPEG IIの一部として実施されている。平均は、単純なボックス平均でも、近傍領域に対して重みづけた平均でもよい。

【0068】本実施の形態においても、ビデオデータに対しては、いくつかのフレームについてのスペクトラム係数の時間平均を用いることも可能である。しかしながら、抽出器のスペクトラム正規化段において平均計算のためにいくつかのフレームが必要であるため、分離して

取り出された個々のビデオフレームの保護が不可能となるおそれがある。この理由のため、本実施の形態でも、ビデオを、静止画像の膨大な集まりとして扱うことにより、個々のビデオフレームを、複製から保護することができる。

【0069】Coxの方法に対して必要とされる1つの主な変更は、疑似乱数シーケンスの長さを64ビットよりも減らすことである。実際に用いられる疑似乱数シーケンス長は25である。25という値は、臨界値とは考えられていない。64という上限は現状のプロセッサにより課せられたもので、将来的には増加し得るだろう。また、テストにおいて、平均フィルタの大きさを7から3に変更した場合には性能の改善がみられたことがわかっている。平均化は、絶対係数値の平均化であり、係数値そのものの平均化ではない。このことは、各周波数に存在する平均パワーを効果的に評価する。その他の平均化手法も可能であり、たとえば、いくつかのフレームの平均や8×8ブロックの局所近傍の平均などを用いることができる。

【0070】512×512画像中の8×8ブロックの数は4096個であり、このことは、16個のシンボルのうちのかかなり多くのシンボルを、1つの画像やビデオフレーム中に埋込み得ることを示唆している。たとえば、画像内に128個のシンボルから1つを埋め込むことが求められていると仮定する。この場合、各8×8ブロックに対して128回の平行相関を実行することが必要である。これは、計算上は扱い易いが、各相関のハードウェア手段はより複雑になる。あるいは、2つの2進シンボルのみを用いることもできる。透かしを故意に取り除くことの困難度を高めるためには、2つの2進シンボルすなわちビットの各々に2つ以上の疑似乱数シーケンスを組み合わせたことが好ましい。この場合には、2つの相関器だけでよく、2進列を画像に埋め込めばよい。低い検出器出力により、粗ビットエラーレートは、非常に高くなるだろう。しかしながら、これは、Reed-Solomon (RS) などの誤り訂正符号を用いることにより許容可能なレベルにまで下げることができる。RSコードは画像のクリッピングのために起こり得るバースト誤りに強い。また、その他の誤り訂正符号を用いることもできる。

【0071】本方法を用いる場合、受信機が符号化ブロックの開始位置を知ることが必要である。開始位置は、特に、画像がクリッピング処理を受けたときには明瞭でないおそれがある。しかしながら、最終ブロックの前に特別のすなわち固有のシンボルまたはシンボル列をつけるなど、公知の同期化方法を用いればよい。

【0072】

【発明の効果】本発明は、透かし抽出に原初データを必要とした従来のデジタル透かし処理方法を改良し、これにより、透かし処理前のデータすなわち原初データを用

いることなく、透かし抽出を可能とするものである。本発明は、周波数係数の空間的および／または時間的局部平均を利用している。また、本発明は、MPEG/JPEGを利用し、画像を通常8×8の部分画像に分割し、各部分画像を処理した結果を組み合わせることで抽出された透かしを取り出すものである。その結果、非常に高い信頼性をもって透かしの抽出を行うことができる。

【0073】以上、透かしの挿入するための、および、透かし処理前のデータの原本を用いることなく透かし処理済みのデータから透かしの抽出するためのシステムを説明したが、本発明はその範囲ならびに趣旨を逸脱することなく種々の変形や修正が可能であることはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】画像内に透かしの挿入する方法を説明するためのブロック図である。

【図2】画像スペクトラムと整形された透かしスペクトラムを示すグラフである。

【図3】合成器を示すブロック図である。

【図4】透かしの施された画像から透かしの抽出する方法を説明するためのブロック図である。

【図5】分離器のブロック図である。

【図6】透かし挿入に用いる拡散スペクトラムシステムを示すブロック図である。

【図7】拡散スペクトラム受信機を示すブロック図である。

【図8】透かし処理を施すべき原初画像をディスプレイ上に表示した中間調画像の写真である。

【図9】図8の画像に透かし処理を施したあとの画像をディスプレイ上に表示した中間調画像の写真である。

【図10】一次元ベクトルを構成するために用いられる係数のシーケンスを示す4×4配列を示す図である。

【図11】透かし挿入に用いる拡散スペクトラムシステムを示すブロック図である。

【図12】拡散スペクトラム受信機を示すブロック図である。

【符号の説明】

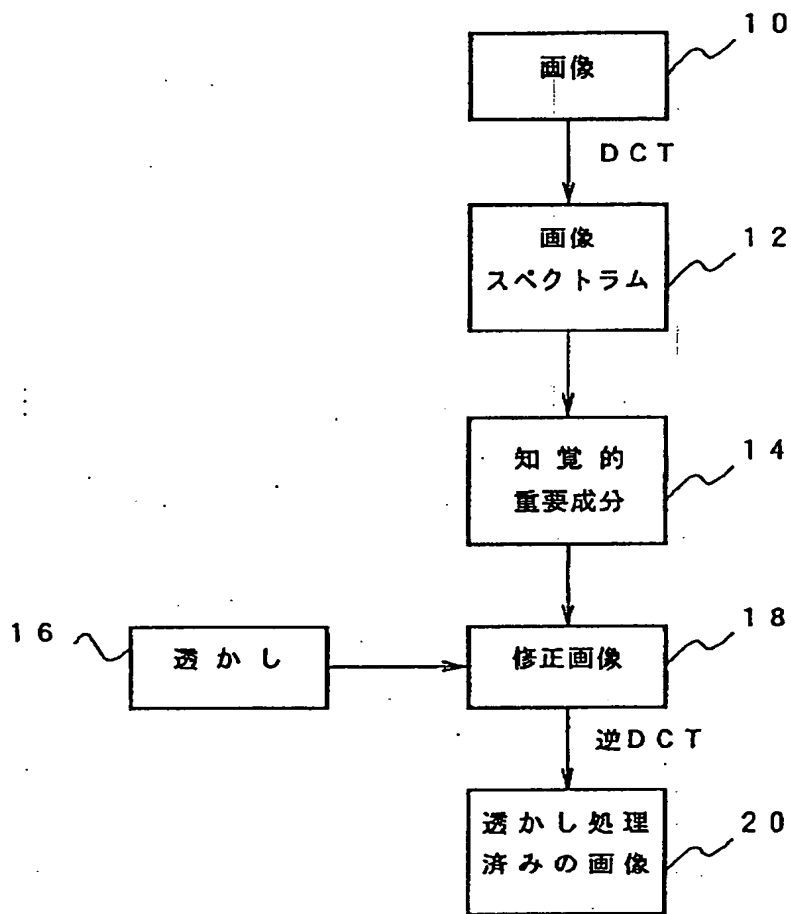
- 10 画像
- 12 画像スペクトラム

- 14 知覚的重要成分
- 16 透かし
- 18 修正画像
- 20 透かし処理済みの画像
- 30 スペクトラム整形器
- 32 加算器
- 40 透かし処理済みの画像
- 42 透かし処理済みの画像スペクトラム
- 44 原初画像
- 46 原初スペクトラム
- 50 分離器
- 52 比較器
- 54 減算器
- 56 スペクトラム正規化ユニット
- 60 誤り訂正符号器
- 62 拡散スペクトラム変調器
- 64 第1のスペクトラム変換器
- 66 スペクトラム整形器
- 68 第2のスペクトラム変換器
- 70 遅延器
- 72 加算器
- 74 逆変換器
- 76 スペクトラム正規化ユニット
- 78 A～78 Z 相関器
- 80 判定回路
- 82 誤り訂正器
- 110 誤り訂正符号器
- 112 拡散スペクトラム変調器
- 114 第1のスペクトラム変換器
- 116 スペクトラム整形器
- 118 第2のスペクトラム変換器
- 120 遅延器
- 122 加算器
- 124 逆変換器
- 130 スペクトラム正規化ユニット
- 132 A～132 Z 相関器
- 134 判定回路
- 136 誤り訂正器

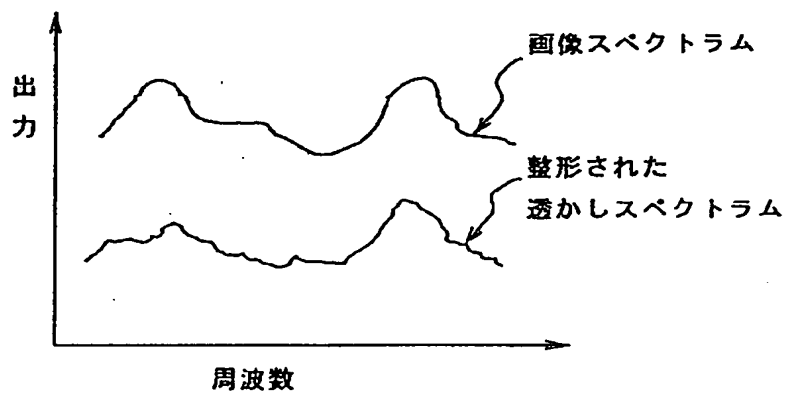
【図10】

1	4	5	16
2	3	6	15
9	8	7	14
10	11	12	13

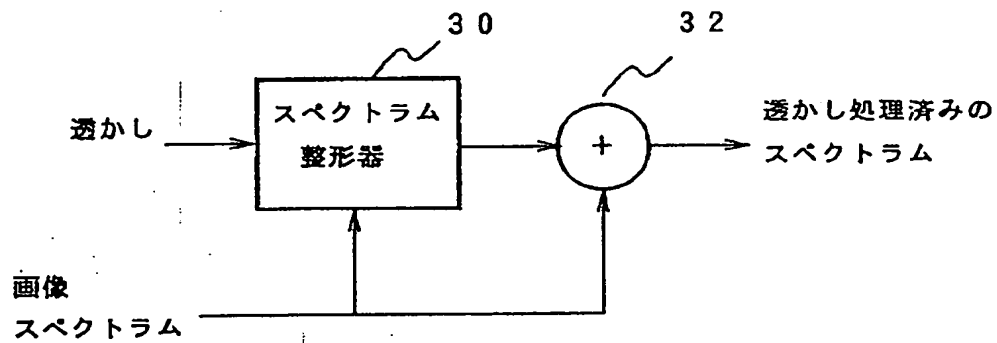
【図1】



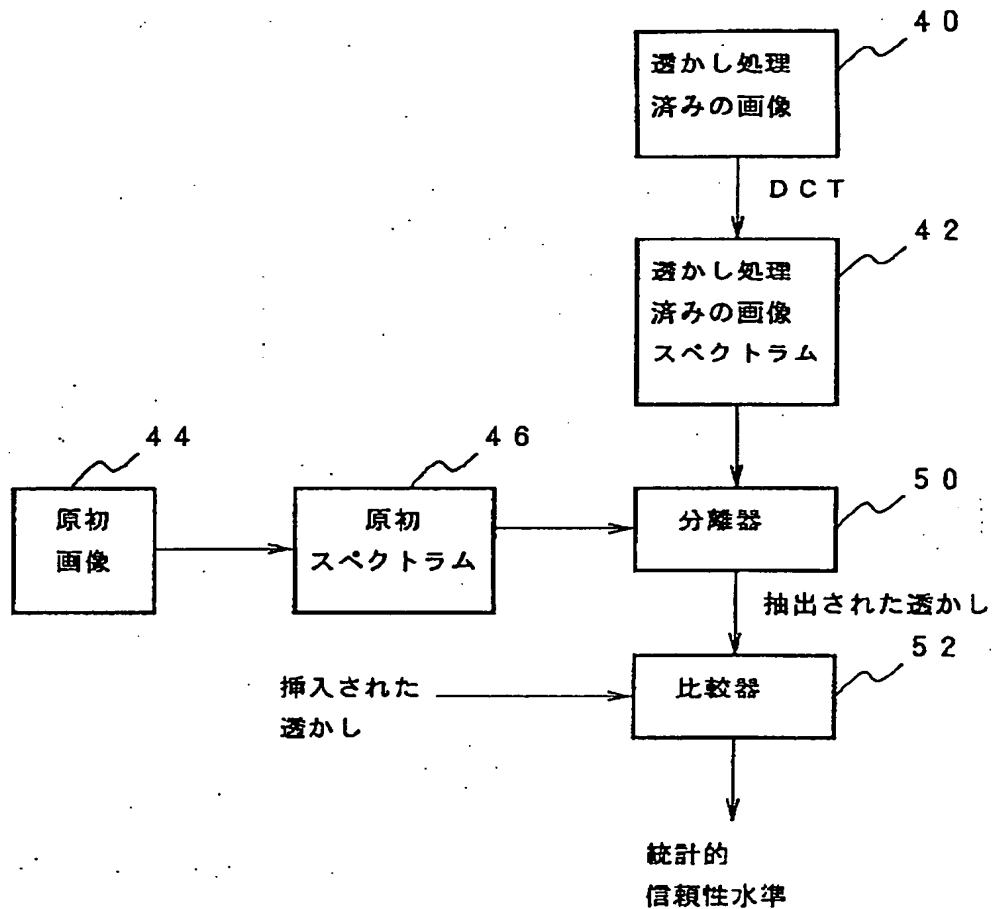
【図2】



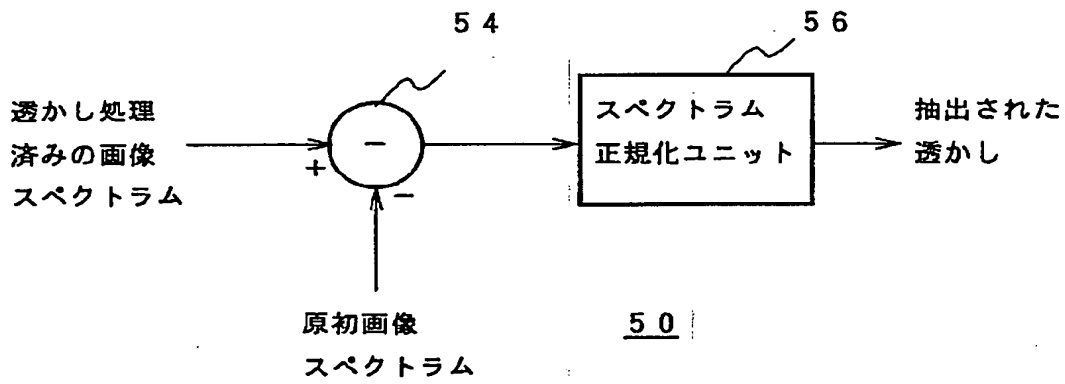
【図3】



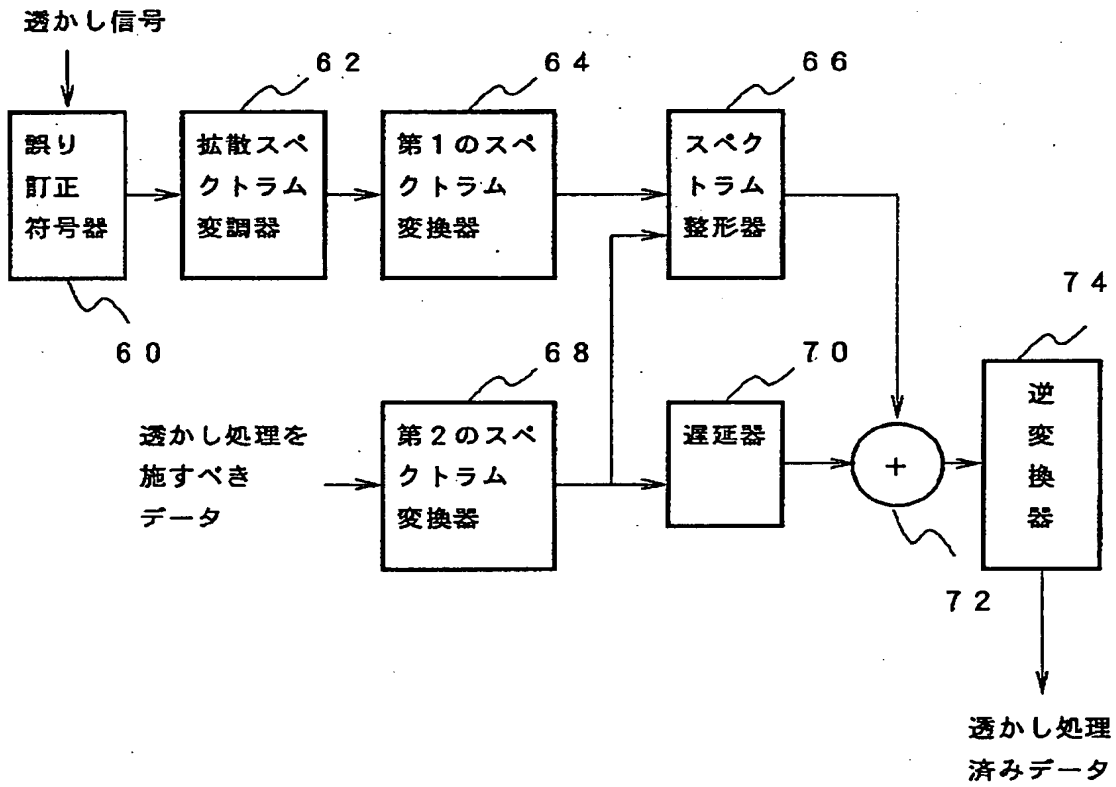
【図4】



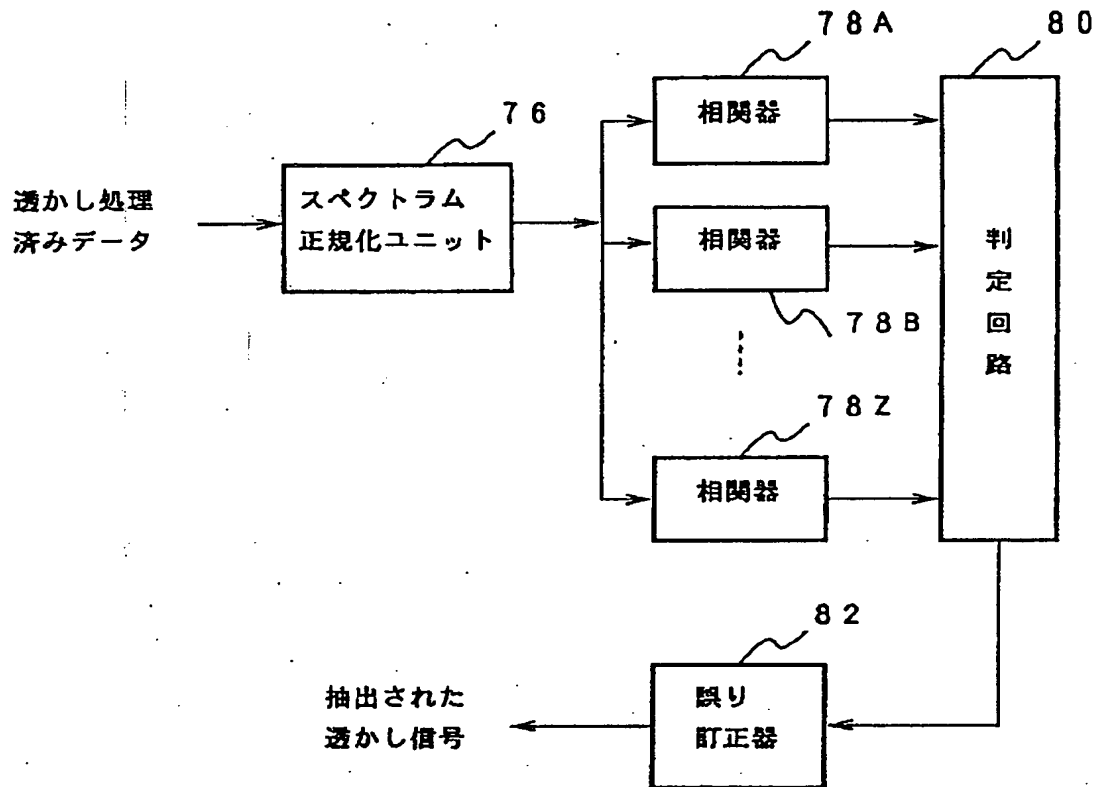
【図 5】



【図 6】



【図7】



【図8】

図面代用写真

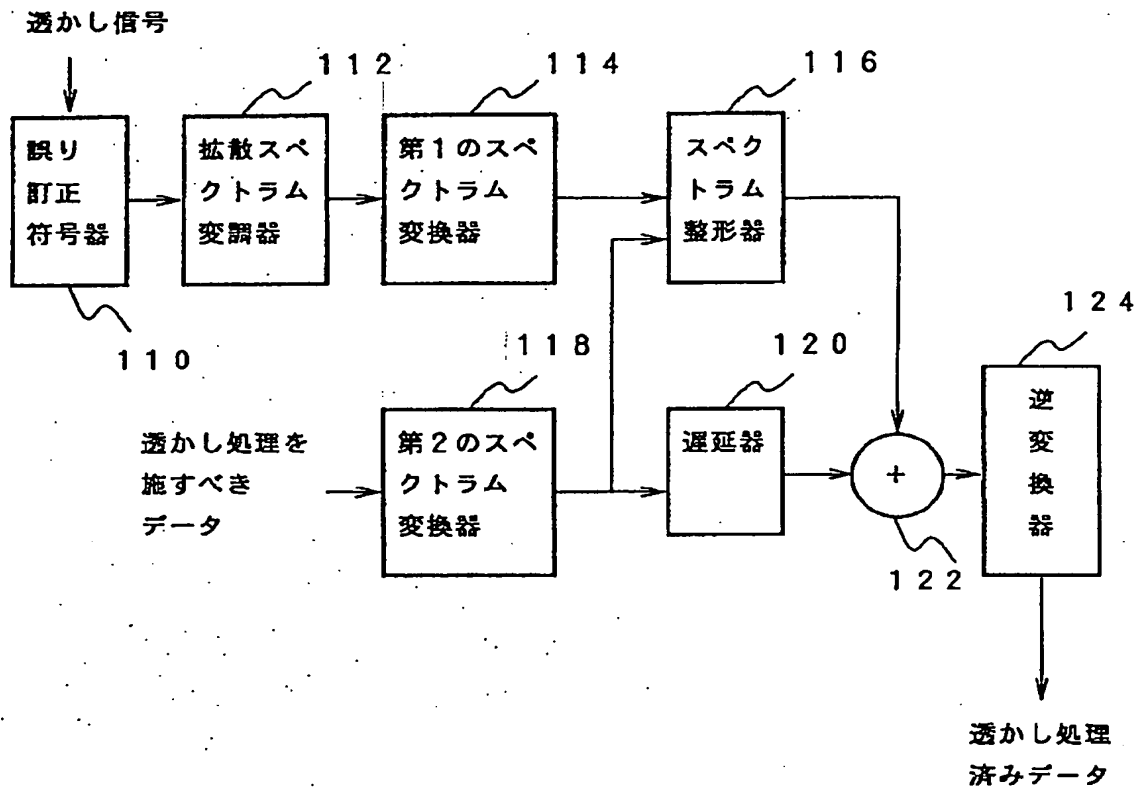


【図9】

図面代用写真



【図 11】



【図12】

